

УДК 631.527:631.58:631.527.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.23>

## ПЕРСПЕКТИВНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ КУЛЬТУРИ НА МАЛОПРОДУКТИВНИХ ҐРУНТАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

**Шеленко Д.І.** – д.е.н., професор,

професор кафедри підприємництва, торгівлі та прикладної економіки,  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
[orcid.org/0000-0002-9214-7258](https://orcid.org/0000-0002-9214-7258)

**Гусак В.В.** – доктор філософії, доцент,

доцент кафедри біохімії та біотехнології,  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
[orcid.org/0000-0001-9415-9837](https://orcid.org/0000-0001-9415-9837)

**Дмитрик П.М.** – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
[orcid.org/0000-0003-1973-391X](https://orcid.org/0000-0003-1973-391X)

**Заїка В.К.** – д.б.н., професор,

професор кафедри лісового і аграрного менеджменту,  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
[orcid.org/0000-0002-2206-772X](https://orcid.org/0000-0002-2206-772X)

**Турак О.Ю.** – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
[orcid.org/0009-0006-2429-3356](https://orcid.org/0009-0006-2429-3356)

У статті розглянуто особливості вирощування енергетичних культур в Україні та оцінку їхнього енергетичного потенціалу для виробництва біопалива. Забезпечення економічно ефективною продуктивністю сільськогосподарських культур можливе за рахунок оптимізації технології вирощування та раціонального використання всіх доступних агротехнічних і біологічних факторів. Наразі в Україні проводяться наукові дослідження щодо понад 20 видів швидкорослих енергетичних рослин, які доцільні для отримання рослинної біомаси. До таких культур відносять олійні види, що використовуються для виробництва рідкого біопалива, а також багаторічні трав'янисті рослини, які застосовують для виготовлення твердого палива у вигляді гранул та брикетів.

Серед енергетичних культур особливе значення має кукурудза, завдяки C4-типу фотосинтезу вона характеризується високим потенціалом урожайності та активно використовується як відновлюваний ресурс для виробництва різних видів біопалива, що визначає її як високоенергетичну та конкурентоспроможну культуру в Україні.

У контексті глобальної енергетичної кризи та зростання попиту на відновлювані джерела енергії особливу актуальність набуває використання біомаси таких культур, як міскантус гігантський, просо прутоподібне, сорго багаторічне, сіда багаторічна, сільфій пронизанолистий та кукурудза. Продуктивність цих культур визначається сукупністю ґрунтово-кліматичних факторів, зокрема оптимальним мінеральним живленням, що підтримує баланс основних елементів у агроєкосистемі. Дослідження показали різну чутливість культур до однакових агротехнічних умов, а застосування добрив підвищує врожайність усіх культур: від 17,6 т/га у проса прутоподібного до 52,5 т/га у міскантусу гігантського.

На основі отриманих даних проведено розрахунки виходу умовного палива та потенційного обсягу біогазу. Енергетичний потенціал біомаси оцінювався у тоннах умовного палива, що дозволяє уніфіковано порівнювати різні види енергетичної сировини. Потенційний вихід біогазу коливався від 3016 м<sup>3</sup>/га у сорго цукрового до 6612 м<sup>3</sup>/га у кукурудзи,

що відображає значну варіабельність продуктивності та біологічні особливості різних енергетичних культур.

**Ключові слова:** міскантус гігантський, просо прутноподібне, сільфій призолистий, сіда багаторічна, сорго цукрове, кукурудза, дерново-підзолистий ґрунт, урожайність, біопаливо, Західний Лісостеп.

**Shelenko D.I., Husak V.V., Dmytryk P.M., Zaika V.K., Turak O.Yu. Promising energy crops on low-productivity soils of the Western Forest-Steppe**

The article examines the features of cultivating energy crops in Ukraine and evaluates their energy potential for biofuel production. Ensuring economically efficient productivity of agricultural crops is possible through the optimization of cultivation technologies and the rational use of all available agrotechnical and biological factors. Currently, scientific research in Ukraine focuses on more than 20 fast-growing energy plant species, which are considered suitable for obtaining plant biomass. These crops include oilseed species used for liquid biofuel production, as well as perennial herbaceous plants employed for the production of solid fuel in the form of pellets and briquettes.

Among energy crops, maize holds particular importance due to its C4 photosynthetic pathway, which provides a high yield potential. It is actively used as a renewable resource for the production of various types of biofuel, making it a highly energetic and competitive crop in Ukraine.

In the context of the global energy crisis and the growing demand for renewable energy sources, the use of biomass from crops such as *Miscanthus giganteus*, switchgrass (*Panicum virgatum*), perennial sorghum (*Sorghum almum*), perennial *Sida* (*Sida hermaphrodita*), *Silphium perfoliatum*, and maize is becoming increasingly relevant. The productivity of these crops is determined by a combination of soil and climatic factors, including optimal mineral nutrition, which maintains the balance of essential elements within the agroecosystem. Studies have shown varying sensitivity of the crops to identical agrotechnical conditions, while the application of fertilizers increases yields across all crops: from 17.6 t/ha in switchgrass to 52.5 t/ha in *Miscanthus giganteus*.

Based on the obtained data, calculations were made for the yield of conventional fuel and the potential volume of biogas. The energy potential of biomass was assessed in tons of conventional fuel, allowing a standardized comparison of different types of energy raw materials. The potential biogas yield ranged from 3,016 m<sup>3</sup>/ha for sweet sorghum to 6,612 m<sup>3</sup>/ha for maize, reflecting the significant variability in productivity and the biological characteristics of different energy crops.

**Key words:** *miscanthus giganteus*, switchgrass, *Silphium perfoliatum* L., perennial *Sida*, sweet sorghum, maize, sod-podzolic soil, yield, biofuel, Western Forest-Steppe.

**Постанова проблеми.** У період воєнного стану загострилися проблеми із забезпеченням енергоносіями, що негативно впливає на економічний розвиток, екологічну ситуацію та рівень життя населення, одночасно підсилюючи залежність України від енергетичного імпорту. За таких умов особливої ваги набуває необхідність пошуку й упровадження альтернативних джерел енергії як ключового напрямку гарантування енергетичної безпеки держави [4, 5, 16, 19].

Україна завдяки природно-економічним умовам має високий потенціал у зміцненні продовольчої й енергетичної безпеки, зокрема шляхом розвитку ринку енергетичних культур та використання їхньої біосировини у біопаливній галузі [10–14].

Енергетичні культури відзначаються високою врожайністю та низькими витратами на вирощування у перерахунку на енергетичний еквівалент. Використання біомаси за умови її відновлення не збільшує викидів CO<sub>2</sub>, а комплексне залучення всієї рослини підвищує ефективність виробництва біопалива другого покоління. Розвиток біоенергетики як відновлюваного джерела енергії є стратегічним напрямом, що потребує впровадження енергозберігаючих технологій для підвищення продуктивності культур [6–8].

Реалії сучасного життя накладають нові вимоги щодо дедалі ширшого вирощування біоенергетичних культур для переробки їх на біопаливо. Адже

отримувати врожай на рівні біомаси традиційних сільськогосподарських культур не раціонально, оскільки площі, доступні для вирощування біоенергетичних рослин, є досить обмеженими. При цьому в умовах України такі рослини C4-типу фотосинтезу, як міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus* G.), просо прутноподібне (*Panicum virgatum* L.), сорго багаторічне (*Sorghum alnum* Parodi), сіда багаторічна (*Sida hermaphrodita* Rusby), сільфій пронизанолистий (*Silphium perfoliatum* L.) та кукурудза (*Zea mays* L.) здатні забезпечити високий рівень формування біомаси [15].

**Аналіз останніх досліджень публікацій.** Пріоритетним напрямом аграрних досліджень є вдосконалення технологій вирощування культур із урахуванням економічної ефективності, енергетичної доцільності та регіональних ґрунтово-кліматичних умов. Це забезпечує оптимізацію агротехнічних заходів, підвищення врожайності, раціональне використання ресурсів і зростання конкурентоспроможності продукції [18].

Енергетичні культури – це група трав’янистих рослин, чагарників та швидко-рослих дерев, біомаса яких може слугувати сировиною для виробництва різних видів біопалива – твердого, рідкого чи газоподібного [10]. Вони відзначаються багаторічним життєвим циклом і здатністю формувати значні обсяги біомаси завдяки інтенсивним ростовим процесам, що тривають упродовж усього вегетаційного періоду – від ранньої весни до пізньої осені [11].

Аналіз сучасних наукових джерел свідчить про зростаючу значущість рослинних відновлюваних біопалив як перспективного напрямку розвитку енергетики. У останні роки увага дослідників зосереджена на удосконаленні технологій вирощування малопоширених енергетичних культур. У країнах із високим рівнем економічного розвитку активно впроваджуються ефективні методи культивування та використання таких рослин. Водночас питання динаміки приросту біомаси енергетичних культур залишалося недостатньо вивченим. Проте питання використання різних систем удобрення, зокрема органічних регуляторів росту та комплексних добрив, досі залишаються недостатньо дослідженими. Тому метою цього дослідження було провести порівняльний аналіз енергетичної продуктивності традиційних та енергетичних культур у сівозміні з метою визначення їхнього потенціалу для виробництва біопалива та оцінки ефективності використання біомаси в аграрному виробництві.

Відповідно до Енергетичної стратегії України до 2030 року (затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 р. № 145-р), прогнозується, що використання різних видів біомаси в енергетичних цілях дозволить щорічно заміщувати близько 9,2 млн т умовного палива. Зокрема, потенціал передбачається за рахунок утилізації побічної продукції сільськогосподарських культур (соломи) – 2,9 млн т, деревини та її відходів – 1,6 млн т, торфу – 0,6 млн т, твердих побутових відходів – 1,1 млн т, біогазу – 1,3 млн т, а також виробництва біоетанолу та біодизеля – 1,8 млн т умовного палива.

Динамічний розвиток світового ринку біопалива зумовлений як екологічними викликами, так і зростанням вартості традиційних енергоносіїв (нафти та природного газу). У цьому контексті все більшої ваги набуває переробка рослинної біомаси на біопаливо, оскільки за умови екологічно обґрунтованого виробництва та використання вона є відновлюваним і відносно чистим джерелом енергії [7].

Біопаливо сприяє раціональному використанню природних ресурсів, покращує стан довкілля та формує передумови для забезпечення енергетичної й економічної

самодостатності держави. Водночас актуальним і дискусійним залишається питання визначення пріоритетних напрямів інвестиційної політики у сфері його виробництва, а також ідентифікація найбільш конкурентоспроможних видів сировини для отримання біологічних палив [3].

На сучасному етапі, залежно від регіональних особливостей, для виробництва енергії застосовують різні культури. Зокрема, у США основними є кукурудза та соя; в країнах Європи – ріпак, льон, соя, кукурудза, зернові культури й цукрові буряки; у Бразилії – цукрова тростина; у Південно-Східній Азії – пальмова олія; у Китаї – коноплі, соя, соргові культури та швидкорослі деревні види [17].

**Матеріали та методи досліджень.** У якості матеріалів було використано наукові публікації, присвячені аналізу сучасних і перспективних ресурсних можливостей виробництва біопалива в Україні та за кордоном, а також оцінці енергетичного потенціалу однорічних та багаторічних енергетичних культур.

Методичну основу становили кількісно-якісне порівняння, абстрактно-логічний та аналітичний методи досліджень.

**Результати досліджень.** Забезпечення економічно вигідної продуктивності сільськогосподарських культур можливе лише шляхом оптимізації технології вирощування рослин за допомогою раціонального використання всіх можливих факторів.

В Україні здійснюються наукові дослідження у напрямі вирощування енергетичних культур. Наразі вивчається понад 20 видів швидкорослих рослин, культивування яких вважається доцільним для отримання рослинної біомаси. До енергетичних культур відносять як олійні види, що слугують сировиною для виробництва рідкого біопалива, так і багаторічні трав'янисті рослини, які використовуються для виготовлення твердого палива у формі гранул та брикетів [19].

Для виробництва біогазу серед енергетичних культур провідне значення має кукурудза. Завдяки C4-типу фотосинтезу ця культура характеризується високим потенціалом урожайності. Кукурудза дедалі активніше використовується як відновлюваний ресурс для виробництва різних видів біопалива, що визначає її як важливу, високоенергетичну та конкурентоспроможну культуру в Україні. З огляду на перспективи розширення сировинної бази для виготовлення біологічних палив із кукурудзи, формуються передумови для розвитку вітчизняної біоенергетичної галузі [7, 9].

Технології вирощування та зберігання силосної кукурудзи є добре відпрацьованими та широко оптимізованими [2]. Як субстрат для біогазових установок використовують спеціальні енергетичні гібриди кукурудзи з урожайністю сухої маси на рівні 9–30 т/га [6], що забезпечує отримання приблизно 5 300–9 000 м<sup>3</sup>/га метану залежно від особливостей гібрида, кліматичних умов та фази збирання врожаю [1].

В Інституті зрошуваного землеробства НААН проводили сівбу гібридів кукурудзи різних груп ФАО з метою оцінки їх продуктивності за врожайністю зерна та біомаси, а також визначення потенційного виходу біоетанолу й біогазу. Дослідження показали, що вихід біоетанолу залежить від групи стиглості гібридів кукурудзи та їх сортових особливостей. Так, ранньостиглі гібриди забезпечували вихід 4,387 тис. л/га, середньоранні – 4,088–5,207 тис. л/га, середньостиглі – 5,422–6,105 тис. л/га, а середньопізні – 6,151–6,39 тис. л/га. Це свідчить, що використання середньостиглих гібридів дозволяє додатково отримувати 1,764–2,311 тис. л/га біоетанолу порівняно з ранньостиглими формами [6, 7].

Глобальна енергетична криза, обумовлена зростанням споживання викопного палива, погіршенням стану довкілля та загрозою посилення парникового ефекту, стимулює активний розвиток ринків альтернативних джерел енергії. Зокрема, набуває все більшої значущості використання біомаси міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus* G.), проса прутноподібного (*Panicum virgatum* L.), сорго багаторічного (*Sorghum almum* Parodi), сіди багаторічної (*Sida hermaphrodita* Rusby), сильфійу пронизанолістого (*Silphium perfoliatum* L.) та кукурудзи (*Zea mays* L.) як перспективної енергетичної сировини.

Продуктивність енергетичних культур безпосередньо зумовлюється сукупністю ґрунтово-кліматичних факторів, серед яких провідне значення має забезпечення оптимального рівня мінерального живлення через раціональне застосування добрив, що дозволяє підтримувати баланс основних елементів живлення в агроєкосистемі. Ґрунтово-кліматичні умови по-різному впливали на врожайність окремих енергетичних культур, вказують про різну чутливість рослин до однакових агротехнічних факторів (рис. 1).

Рисунок демонструє вплив внесення мінеральних добрив на врожайність різних енергетичних культур. У контрольному варіанті без добрив найнижчий показник урожайності спостерігається у проса прутноподібного (17,6 т/га), тоді як міскантус гігантський демонструє найвищий врожай – 39 т/га. Застосування схеми удобрення  $N_{65}P_{65}K_{65}+N_{25}$  значно підвищує продуктивність усіх культур: Сіда багаторічна збільшується з 34,8 до 46,5 т/га, сорго цукрове – з 30,2 до 38 т/га, міскантус гігантський – з 39 до 52,5 т/га, сильфій пронизанолістий – з 36,5 до 52,4 т/га, просо прутноподібне – з 17,6 до 25,1 т/га, а кукурудза – з 35,95 до 51,37 т/га. Це свідчить про високу ефективність мінерального живлення для підвищення врожайності енергетичних культур.

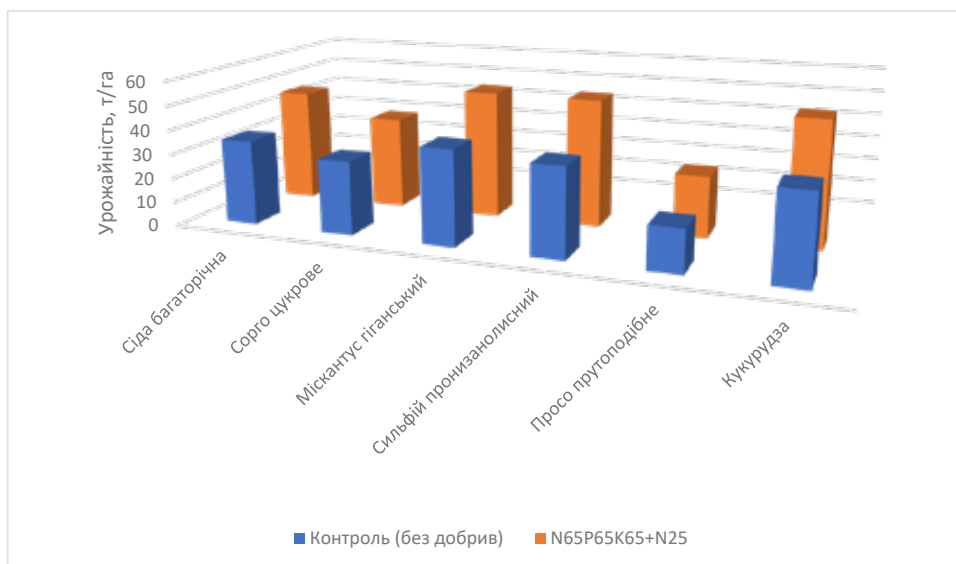


Рис. 1. Середній врожай зеленої маси енергетичних культур за 2023–2024 рр.  
 $НІР_{05}=1,54$

На основі отриманих даних щодо врожайності біоенергетичних культур було проведено розрахунок виходу умовного палива. Енергетичний потенціал біомаси визначали у тоннах умовного палива (т у. п.), що є загальноприйнятою енергетичною одиницею в Україні. Цей показник характеризує кількість енергії, еквівалентну теплотворній здатності однієї тонни вугілля, і застосовується для уніфікованої оцінки різних видів енергетичної сировини.

Умовне паливо використовується як стандартна енергетична одиниця для порівняльної оцінки ефективності та обліку різних видів палива. Воно визначається як теплова енергія, що виділяється при повному згорянні 1 кг палива з теплотворною здатністю 7000 ккал/кг. У нафтогазовій геології усталеною практикою є переведення 1 млрд м<sup>3</sup> природного газу в 1 млн тонн умовного палива. У рамках даного дослідження проведено розрахунки необхідної кількості біомаси енергетичних культур для отримання 1 кг умовного палива, використовуючи результати польових експериментів.

За результатами досліджень було розраховано потенційний вихід біогазу з урожаю енергетичних культур. Враховуючи біологічні особливості сортів, обсяг можливого виробництва біогазу варіювався від 3016 до 4315 м<sup>3</sup> з одного гектара (рис. 2).

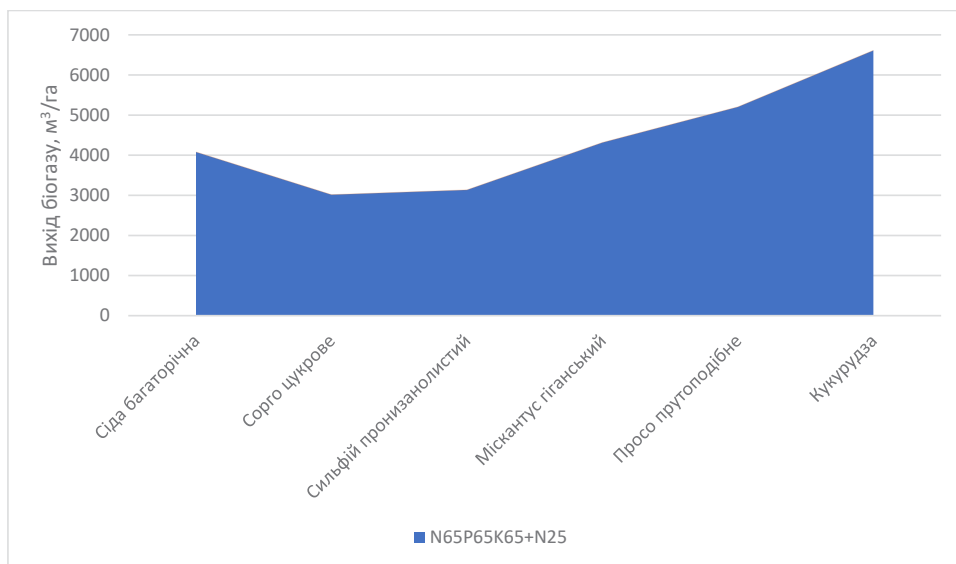


Рис. 2. Вихід біогазу з фітосировини багаторічних енергетичних рослин, культивованих на малопродуктивних ґрунтах

Рисунок відображає потенційний вихід біогазу з різних енергетичних культур, вирощуваних на одному гектарі. Серед представлених культур найвищий обсяг виробництва біогазу демонструє кукурудза – 6612 м<sup>3</sup>/га, тоді як просо прутоподібне забезпечує 5204 м<sup>3</sup>/га. Міскантус гігантський і сильфій пронизанолістий мають вихід біогазу на рівні 4315 та 3135 м<sup>3</sup>/га відповідно. Сорго цукрове забезпечує 3016 м<sup>3</sup>/га, а сіда багаторічна – 4080 м<sup>3</sup>/га. Дані свідчать про значну варіабельність потенціалу біогазу серед енергетичних культур, що обумовлена біологічними особливостями рослин та їх продуктивністю.

**Висновки.** Дослідження свідчать, що розвиток альтернативних джерел енергії, зокрема біопалива, сприяє охороні довкілля та сталому регіональному розвитку. Вирощування однорічних та багаторічних енергетичних культур у різних регіонах України розширює площі посіву та зміцнює енергетичну й економічну незалежність держави, зменшує імпорт енергоносіїв, покращує екологічну ситуацію, створює робочі місця та стимулює аграріїв до вирощування енергетичних культур. Для цього необхідне впровадження заходів щодо інтенсифікації та здешевлення виробництва і збору біосировини.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Amon T., Kryvoruchko V., Amon B. Methane production from maize, grassland and animal manures through anaerobic digestion. *Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety II*. 2004. P. 175–182.
2. Amon Th., Kryvoruchko V., Amon B., Bodiroza V., Zollitsch W., Boxberger J. Biogas Production from Energy Maize. *Landtechnik*. 2006. № 2. P. 86–87.
3. Heiermann M., Plöchl M., Linke B., Schelle H., Herrmann C. Biogas Crops – Part I: Specifications and Suitability of Field Crops for Anaerobic Digestion. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2009. Vol. XI. P. 1087–1093.
4. Heletukha H. H., Zhelezna T. A., Kucheruk P. P., Oliynyk Y. M. Current State and Prospects of Bioenergy Development in Ukraine. *Analytical Note BAE*. 2014. No. 9. P. 9–10.
5. Hryhoriv Ya., Butenko A., Kozak M., Rozhko V., Karpenko O., Tatorynova V., Bondarenko O., Nozdrina N., Stavytskyi A., Bordun R. Structure component and yielding Capacity of *Camelina sativa*. *Agriculture & Forestry*, 2022. Vol. 68 Issue 3: 93–102. Podgorica DOI: 10.17707/AgriForest.68.3.07
6. Vozhehova R., Marchenko T., Piliarska O., Lavrynenko Y., Halchenko N., Lykhovyd P. Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. 21(4), 611–619.
7. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Міщенко С.В., Пілярська О.О., Базиленко Є.О. Перспективні культури для біоенергетики України. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 5–15. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.1>
8. Железна Т.А., Драгнев С.В., Баштовий А.І., Роговський І.Л. Перспективи виробництва і споживання біопалив другого покоління в Україні. *Machinery & Energetics*. 2018. Vol. 9. № 2. P. 61–66.
9. Колісниченко П.Т., Карбівська У.М., Шеленко Д.І., Сас Л.С., Баланюк С.І. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно та організація забезпечення виробників продукції тваринництва концентрованими кормами в умовах Західного регіону. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. Випуск 21. Т.2. С. 11–22. <https://doi.org/10.15330/apred.2.21.11-22>
10. Кулик М.І. Довідник: ботаніко-біологічна характеристика, особливості вирощування та використання енергетичних культур. Частина перша: світочас (просо лозоподібне). Полтава, 2014. 130 с.
11. Кулик М.І., Калініченко О.В., Галицька М.А. та ін. Фітоенергетичні культури: навч. посібник. Полтава, 2017. 150 с.
12. Кулик М.І., Рожко І.І., Тупиця А.М. Агроекологічні особливості використання рослинної сировини для виробництва біопалива. Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Хімія, екологія та освіта». Полтава, 2017. С. 187–191.
13. Курило В.Л., Роїк М.В., Ганженко О.М. Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. *Біоенергетика*. 2013. Вип. № 1. С. 5–10.

14. Писаренко П.В., Курило В.Л., Кулик М.І. Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива. Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії: монографія. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С. 258–266.

15. Присяжнюк О.І., Гончарук О.М. Особливості формування продуктивності та якості біомаси міскантусу гігантського під впливом елементів агротехніки. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Випуск 30. С. 53–60.

16. Рижук С. М., Слюсар І. Т., Вергунов В. А. Агроекологічні особливості високоєфективного використання осушених торфових ґрунтів у Поліссі та Лісо степу. Київ: Аграрна наука, 2002. 136 с.

17. Скрипниченко В.А. Інноваційні аспекти виробництва біопалива на Україні: стан, проблеми, перспективи 2009. [http://www.nbu.gov.ua/portal/chem\\_biol/vnpau/2009\\_142\\_1/09sva.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/vnpau/2009_142_1/09sva.pdf)

18. Федорчук М.І., Коковихін С.В., Каленська С.М. та ін. Агротехнологічні аспекти вирощування енергетичних культур в умовах Півдня України: навч. посіб. Херсон, 2017. С. 42–45.

19. Чумбей В.В., Заїка В.К., Шеленко Д.І., Дмитрик П.М., Гусак В.В., Турак О.Ю. Агробіологічний та енергетичний потенціал багаторічних енергетичних культур на малородючих ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 144. С. 229–236. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.29>

Дата першого надходження рукопису до видання: 22.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025